

524,700

PCT/PTO 16 FEB 2005

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
4. März 2004 (04.03.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/018272 A1(51) Internationale Patentklassifikation⁷: B60T 7/22, 7/1238436 Wolfsburg (DE). AUDI AG [DE/DE]; Auto-Union-
Strasse 1, 85045 Ingolstadt (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002588

(22) Internationales Anmeldedatum:
1. August 2003 (01.08.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

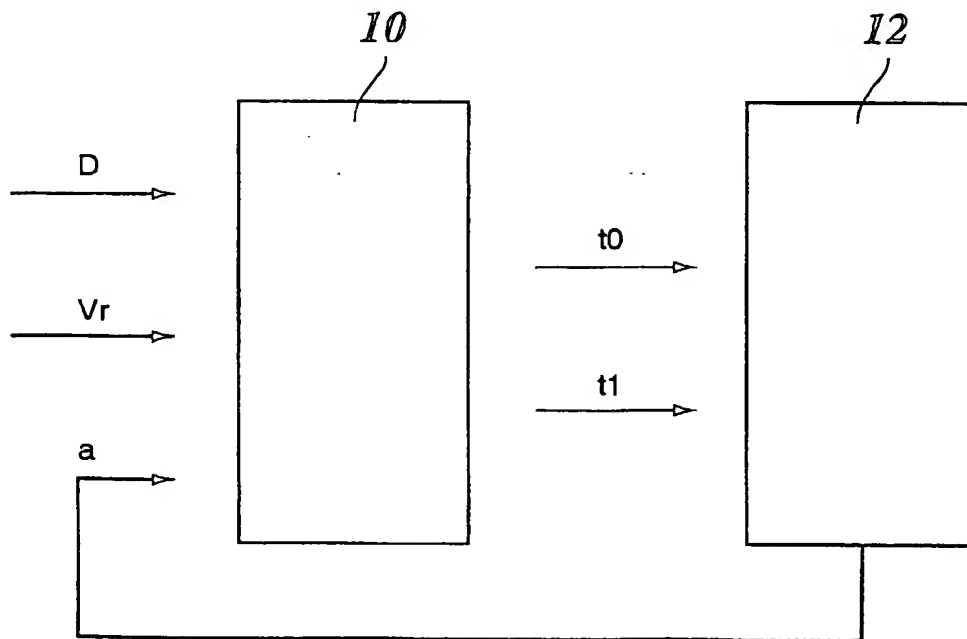
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 37 714.6 17. August 2002 (17.08.2002) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02
20, 70442 Stuttgart (DE). VOLKSWAGEN AG [DE/DE];

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): VON HOLT, Volker
[DE/DE]; Spitzwegstrasse 26, 38106 Braunschweig (DE).
MEINKE, Ingo [DE/DE]; Viktoria-Luise-Str. 5, 38122
Braunschweig (DE). MAURER, Markus [DE/DE];
Birkenweg 2, 85113 Böhmfeld (DE). OECHSLE, Fred
[DE/DE]; Schwaikheimer Str. 46, 71642 Ludwigsburg
(DE). THIELE, Joachim [DE/DE]; Heilbronner Str.
86, 71732 Tamm (DE). AHLRICHS, Ulrike [DE/DE];
Muenchener Str. 23 B, 85051 Ingolstadt (DE). HEINE-
BRODT, Martin [DE/DE]; Breitscheidstr. 133, 70176
Stuttgart (DE). LUCAS, Bernhard [DE/DE]; Zehenderstr.
2, 74354 Besigheim (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR AUTOMATICALLY INITIATING AN EMERGENCY BRAKE PROCEDURE IN MO-
TOR VEHICLES(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR AUTOMATISCHEN EINLEITUNG EINES NOTBREMSVOR-
GANGS BEI KRAFTFAHRZEUGEN(57) Abstract: The invention relates to a method for automatically initiating an emergency brake procedure with a preceding warn-
ing brake operation in motor vehicles. The invention is characterized in that the deceleration (a) to be reached by the vehicle is
detected during the warning brake operation (at time t0) and in that time (t1; t1') for initiating the emergency brake operation is
varied depending on the detected vehicle deceleration (a).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/018272 A1



(81) **Bestimmungsstaaten** (*national*): JP, US.

(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur automatischen Einleitung eines Notbremsvorgangs mit vorausgehender Warnbremsung bei Kraftfahrzeugen, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Warnbremsung (zur Zeit t_0) die erreichbare Fahrzeugverzögerung (a) ermittelt wird und daß der Zeitpunkt (t_1 ; t_1') der Einleitung der Notbremsung in Abhängigkeit von der ermittelten Fahrzeugverzögerung (a) variiert wird.



Verfahren und Vorrichtung zur automatischen Einleitung eines Notbremsvorgangs bei Kraftfahrzeugen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur automatischen Einleitung eines Notbremsvorgangs mit vorausgehender Warnbremsung bei Kraftfahrzeugen sowie eine Steuervorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Stand der Technik

Kraftfahrzeuge werden zunehmend mit Fahrerassistenzsystemen ausgerüstet, die den Fahrer bei der Fahrzeugführung unterstützen und ihm die Durchführung bestimmter Fahrmanöver erleichtern. Ein Beispiel für ein bekanntes Fahrerassistenzsystem ist ein radargestütztes Abstandswarnsystem oder Abstandsregelsystem (ACC; Adaptive Cruise Control), bei dem mit Hilfe eines vorn am Fahrzeug montierten Radarsensors der Abstand und die Relativgeschwindigkeit eines vorausfahrenden Fahrzeugs gemessen wird und bei Unterschreitung eines bestimmten Sicherheitsabstands, der auch von der Eigengeschwindigkeit des Fahrzeugs abhängig ist, eine Warnung an den Fahrer ausgegeben oder der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug durch einen Eingriff in das Antriebs- und/oder Bremssystem des Fahrzeugs selbsttätig geregelt wird.

In DE 43 10 354 A1 wird ein Abstandsregelsystem dieser Art beschrieben, bei dem, wenn bei Annäherung an ein vorausfahrendes Fahrzeug ein bestimmter Warnabstand unterschritten wird, zunächst eine relativ sanfte Warnbremsung ausgeführt wird, um den Fahrer sowie die Fahrzeuginsassen und ggf. den Nachfolgeverkehr auf ein bevorstehendes Bremsmanöver vorzubereiten, und bei dem dann, wenn der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug weiter abnimmt, ein automatischer Eingriff in das Bremssystem erfolgt, mit dem Ziel, den Abstand auf den Sollabstand zu regeln. Nach diesem Vorschlag soll die Warnbremsung zugleich dazu benutzt werden, nähere Erkenntnisse über den Reibungskoeffizienten der Fahrbahn zu gewinnen, der von der Fahrbahnbeschaffenheit, dem Reifenzustand sowie den Witterungsbedingungen



abhängig ist und der seinerseits das Bremsvermögen und damit den Anhalteweg des Fahrzeugs beeinflusst. Die bei der Warnbremsung gewonnenen Informationen über den Reibungskoeffizienten werden dann dazu benutzt, den Sollwert für die Abstandsregelung zu verändern. Wenn sich bei der Warnbremsung zeigt, daß die Fahrbahn einen relativ kleinen Reibungskoeffizienten hat, wird ein entsprechend größerer Sollabstand gewählt, so daß die Fahrsicherheit erhöht wird.

Die vorliegende Erfindung befaßt sich hingegen mit einem anderen Aspekt eines Fahrerassistenzsystems, nämlich mit einer automatischen Notbremse. Hier geht es darum, bei relativ plötzlich auftretenden Hindernissen einen automatischen Notbremsvorgang einzuleiten, falls der Fahrer selbst das Hindernis nicht rechtzeitig bemerkt oder nicht schnell genug reagiert. Durch die automatische Einleitung der Notbremsung soll in diesen Fällen die akute Kollisionsgefahr vermieden werden oder, sofern die Kollision bereits unvermeidlich ist, soll zumindest der Schaden, insbesondere der Personenschaden begrenzt werden.

Auch die Funktion der automatischen Notbremse beruht auf der automatischen Hinderniserkennung mit Hilfe eines Radarsensors oder einer vergleichbaren Sensorik. Auf der Grundlage der automatischen Hinderniserkennung und einer sachgerechten Situationsbewertung muß das System dann entscheiden, ob bzw. wann eine Notbremsung einzuleiten ist. Auch hier ist vorgesehen, daß der eigentlichen Notbremsung eine Warnbremsung vorangeht, die in erster Linie den Zweck hat, den Fahrer auf die Gefahrensituation aufmerksam zu machen und ihn zu einem aktiven Eingreifen in das Geschehen zu veranlassen.

Dabei ist generell davon auszugehen, daß die Fahrzeuge, die mit einer solchen automatischen Notbremse ausgerüstet sind, auch über ein Antiblockiersystem (ABS) und/oder ein elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP) zur Stabilisierung der Fahrdynamik verfügen. Diese Systeme stellen sicher, daß das Fahrzeug auch bei einer Vollbremsung noch manövrierfähig bleibt. Die bevorzugte Kollisionsvermeidungsstrategie besteht demgemäß in der Regel nicht darin, das Fahrzeug bei starr gehaltener Lenkung möglichst rasch in den Stand zu bremsen,



sondern vielmehr darin, während des fortdauernden Bremsvorgangs durch einen Eingriff in die Lenkung ein Ausweichmanöver vorzunehmen, um das Hindernis möglichst zu umfahren.

In vielen Fällen, beispielsweise wenn das Hindernis durch ein langsames Fahrzeug gebildet wird, das plötzlich aus der rechten Nebenspur ausscheret, wird der Fahrer versuchen, die Gefahrensituation auch auf andere Weise zu beseitigen, etwa indem er den Fahrer des ausscherenden Fahrzeugs durch Betätigen der Hupe oder Lichthupe warnt oder indem er sich - bei dreispuriger Fahrbahn - über den Folgeverkehr orientiert, um zu prüfen, ob ein Ausweichen auf die linke Nebenspur möglich ist. Der Fahrer sieht sich daher plötzlich mit der Notwendigkeit konfrontiert, eine Vielzahl von Aktivitäten praktisch gleichzeitig vorzunehmen. Dabei kann es leicht zu einer Überforderung kommen, mit der Folge, daß der Fahrer selbst die erforderliche Notbremsung um entscheidende Sekundenbruchteile zu spät einleitet. Vor diesem Hintergrund stellt die automatische Notbremsfunktion eine sinnvolle, die Fahrsicherheit erhöhende Unterstützungsmaßnahme dar.

Entscheidend für den Erfolg und die Akzeptanz der automatischen Notbremse ist jedoch, daß die Notbremsfunktion einerseits rechtzeitig, andererseits jedoch auch nicht zu früh und nicht unnötig eingeleitet wird. Eine verfrühte oder überflüssige Einleitung des Notbremsvorgangs stellt nicht nur eine erhebliche Beeinträchtigung des Komforts dar, sondern kann auch zu einer Irritation des Nachfolgeverkehrs führen und damit ihrerseits zu einer Unfallursache werden.

Aufgabe, Lösung und Vorteile der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren und eine Steuervorrichtung anzugeben, mit denen es möglich ist, den Zeitpunkt für die Einleitung des Notbremsvorgangs zu optimieren.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß bei der Warnbremsung die erreichbare Fahrzeugverzögerung ermittelt wird und



daß der Zeitpunkt der Einleitung der Notbremsung in Abhängigkeit von der ermittelten Fahrzeugverzögerung variiert wird.

Die vorgeschlagene Lösung weist somit eine gewisse Analogie zu den Maßnahmen auf, die bei dem oben beschriebenen Verfahren zur Abstandsregelung angewandt werden, doch stehen diese Maßnahmen hier in einem anderen Kontext, und sie dienen zur Verfolgung einer anderen Zielsetzung. Die Zielsetzung bei der Erfindung besteht darin, die zeitliche Verzögerung zwischen der Warnbremsung und der Auslösung der eigentlichen Notbremsung in Abhängigkeit von dem ermittelten Verzögerungsvermögen des Fahrzeugs zu modifizieren. Dabei geht die Erfindung von der Überlegung aus, daß zwischen der Warnbremsung und der Einleitung der eigentlichen Notbremsung im Normalfall eine bestimmte Wartezeit vergehen sollte, typischerweise in der Größenordnung von 1 Sekunde oder etwas weniger, die dem Fahrer Gelegenheit gibt, sich auf die Gefahrensituation einzustellen und sich auf ein etwa notwendiges Ausweichmanöver vorzubereiten. Wenn sich nun aber bei der Warnbremsung ergibt, daß das Verzögerungsvermögen des Fahrzeugs aufgrund des aktuellen Fahrbahnzustands stark vermindert ist, so kann die normalerweise sinnvolle Wartezeit beträchtlich verkürzt werden, im Extremfall bis auf null, so daß in diesem Sonderfall die Notbremsung entsprechend früher eingeleitet werden kann.

Da die Warnbremsung der Notbremsung unmittelbar vorausgeht, repräsentiert das bei der Warnbremsung ermittelte Verzögerungsvermögen des Fahrzeugs mit hoher Zuverlässigkeit den aktuellen Fahrbahnzustand, so daß der Zeitpunkt für die Einleitung der Notbremsung angemessen gewählt werden kann. Zugleich gewinnt man durch das variable Intervall zwischen der Warnbremsung und der Notbremsung einen gewissen Spielraum, der es gestattet, für die Einleitung der Warnbremsung einen verhältnismäßig späten Zeitpunkt festzulegen und so die Häufigkeit von unnötigen Fehlwarnungen zu vermindern, die die Akzeptanz des Systems insgesamt in Frage stellen würden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Als geeignetes Maß für die erreichbare Fahrzeugverzögerung, die bei der Warnbremsung ermittelt wird, kann insbesondere der Reibungskoeffizient zwischen Reifen und Fahrbahnoberfläche angesehen werden, der auch im Rahmen eines ESP-Systems benötigt und ermittelt wird. Die erreichbare Fahrzeugverzögerung kann jedoch auch durch andere Größen beeinflusst werden, insbesondere durch die Zuladung, die bei einigen modernen Fahrzeugtypen, bei sogenannten Vans, einen beträchtlichen Anteil des Gesamtgewichts erreichen und somit einen maßgeblichen Einfluß auf das Bremsverhalten haben kann. Auch der Einfluß dieser Zuladung kann bei der Warnbremsung ermittelt und dann angemessen berücksichtigt werden.

Da der Reibungskoeffizient und ggf. die Zuladung auch im Rahmen der ESP-Funktion während der eigentlichen Notbremsung benötigt werden, bietet die Erfindung zugleich die vorteilhafte Möglichkeit, diese schon bei der Warnbremsung ermittelten Größen im ESP-System zu speichern, so daß sie dort bei der Notbremsung von Anfang an zur Verfügung stehen und eine gezieltere, insbesondere schnellere Einleitung des Bremsvorgangs ermöglichen.

Für eine möglichst genaue Bestimmung des Verzögerungsvermögens ist es zweckmäßig, den Bremsdruck während der Warnbremsung so weit zu erhöhen, daß es kurzfristig zu einem Blockieren mindestens eines Rades und damit zu einem maximalen Schlupf kommt. Für das blockierte Rad kann dann der Reibungskoeffizient mit bekannten Verfahren präzise bestimmt werden, beispielsweise anhand der Bremskraft, bei der das Rad blockiert, oder wahlweise auch anhand der Winkelbeschleunigung, mit der das Rad nach dem Lösen der Bremse wieder beschleunigt. Diese Winkelbeschleunigung ist gegeben durch den Quotienten aus dem vom Reibungskoeffizienten abhängigen Drehmoment und dem bekannten Trägheitsmoment des Rades.

Da bei der Warnbremsung noch keine maximale Fahrzeugverzögerung erwünscht ist, bietet es sich an, bei der Warnbremsung nur die Räder einer einzigen Achse des Fahrzeugs zu bremsen, vorzugsweise die Räder der angetriebenen Achse. Durch Vergleich der Radgeschwindigkeiten der gebremsten Räder einerseits und der



freilaufenden (schlupffreien) Räder andererseits wird dann eine präzise Bestimmung des Schlupfes der gebremsten Räder ermöglicht.

Bei sehr griffiger Fahrbahn und entsprechend großem Reibungskoeffizienten ist es im Zuge der Warnbremsung unter Umständen nicht möglich oder nicht sinnvoll, die gebremsten Räder tatsächlich bis zur Schlupfgrenze zu bremsen. Es ist deshalb zweckmäßig, die Bremskraft während der Warnbremsung nur bis zu einem bestimmten Maximalwert zu erhöhen. Wenn dieser Maximalwert erreicht wird, ohne daß ein nennenswerter Schlupf an den gebremsten Rädern auftritt, so deutet dies auf einen hohen Reibungskoeffizienten der Fahrbahn hin, und anstelle des gemessenen Reibungskoeffizienten wird dann bei Bestimmung des Zeitpunkts für die eigentliche Notbremsung ein entsprechend hoher Schätzwert für den Reibungskoeffizienten zugrundegelegt.

Kurzbeschreibung der Zeichnung

Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm einer Steuervorrichtung zur Durchführung des Verfahrens;

Fig. 2(A) und (B) den zeitlichen Verlauf der Bremskraft und des Radschlupfes bei einem Notbremsvorgang auf griffiger Fahrbahn; und

Fig. 3(A) und (B) Zeitdiagramme analog zu Figuren 2(A) und (B) für einen Notbremsvorgang auf glatter Fahrbahn.

Beschreibung eines Ausführungsbeispiels



Figur 1 zeigt als Blockdiagramm eine Steuervorrichtung für eine automatische Notbremse in einem Kraftfahrzeug. Die Steuervorrichtung umfaßt eine Situationsbewertungseinheit 10 und eine ABS/ESP-Steuereinheit 12. Die Situationsbewertungseinheit 10 kann beispielsweise Teil eines ACC-Systems (Automatic Cruise Control) sein und erhält Signale von einem nicht gezeigten Radarsystem, mit dem vor dem Fahrzeug befindliche Objekte geortet werden. Die ABS/ESP-Steuereinheit 12 dient generell zur Steuerung von Bremsvorgängen, einschließlich solcher, die vom Fahrer selbst oder durch das ACC-System veranlaßt werden, sowie zur Stabilisierung der Fahrdynamik und hat insbesondere die Funktion, den Bremsdruck an allen gebremsten Rädern des Fahrzeugs so zu steuern oder regeln, daß eine ausreichende Fahrbahnhaftung der Reifen gewährleistet wird.

Bei den Daten, die die Situationsbewertungseinheit 10 für jedes geortete Objekt vom Radarsensor erhält, handelt es sich um den gemessenen Abstand D des Objekts, die anhand der Dopplerverschiebung bestimmte Relativgeschwindigkeit V_r des Objekts sowie um Winkeldaten (nicht gezeigt), auf deren Grundlage sich entscheiden läßt, ob sich das geortete Objekt auf der eigenen Fahrspur befindet und somit ein relevantes Hindernis darstellt. Der Einfachheit halber wird in Figur 1 angenommen, daß nur ein einziges relevantes Objekt vorhanden ist. Aufgrund der Abstands- und Relativgeschwindigkeitsdaten entscheidet die Situationsbewertungseinheit 10, ob die Gefahr einer Kollision besteht. Dazu berechnet die Situationsbewertungseinheit 10, ob die gemessene Relativgeschwindigkeit V_r bei einer Vollbremsung des eigenen Fahrzeugs innerhalb des Abstands D auf null reduziert werden könnte bzw. welche Rest-Relativgeschwindigkeit (Aufprallgeschwindigkeit) verbleibt, wenn der Abstand D auf null abgenommen hat. Für die Berechnung der Verzögerung des eigenen Fahrzeugs bei Vollbremsung muß dabei ein realistischer Wert zugrundegelegt werden, der, soweit keine Vorkenntnisse vorhanden sind, auf einer plausiblen Schätzung für den Reibungskoeffizienten der Fahrbahn und für das Eigengewicht des Fahrzeugs beruht. Für das Eigengewicht des Fahrzeugs werden in der Regel Vorkenntnisse verfügbar sein, da sich dieses Eigengewicht im Rahmen der ACC-Regelung anhand des Beschleunigungsverhaltens des Fahrzeugs und anhand des im Motormanagementsystem verfügbaren Antriebsdrehmoments mehr oder minder genau abschätzen läßt. Auch für den Reibungskoeffizienten der Fahrbahn können bereits

Vorkenntnisse vorhanden sein, insbesondere bei Fahrten auf eis- oder schneeglatte Fahrbahn, da dann das ESP-System häufig im Rahmen einer Antriebs-Schlupfregelung aktiv werden wird und im Rahmen dieser Regelung auch der Reibungskoeffizient der Fahrbahn ermittelt und ausgewertet wird. Im allgemeinen Fall, wenn solche Vorkenntnisse nicht vorhanden sind, wird der Reibungskoeffizient aufgrund der Annahme einer trockenen, normal griffigen Fahrbahn geschätzt. Verfeinerungen sind möglich, etwa in der Form, daß bei dauernd eingeschaltetem Scheibenwischer ein Schätzwert für eine nasse Fahrbahn zugrundegelegt wird.

Anhand des so abgeschätzten Verzögerungsvermögens des Fahrzeugs wird dann die Kollisionsgefahr abgeschätzt, und es wird ein Zeitpunkt t_0 bestimmt, bei dem wegen akuter Kollisionsgefahr zunächst eine Warnbremsung einzuleiten ist. Weiterhin wird ein vorläufiger Wert t_1 für die eigentliche Notbremsung bestimmt, die mit einer bestimmten zeitlichen Verzögerung von beispielsweise 0,8 s auf die Warnbremsung folgt. In die Bewertung der Kollisionsgefahr und somit in die Bestimmung der Zeitpunkte t_0 und t_1 kann auch die Dynamik des Hindernisses einfließen, etwa durch Berücksichtigung der zeitlichen Ableitung der gemessenen Relativgeschwindigkeit V_r . Wenn es sich beispielsweise bei dem Hindernis um ein vorausfahrendes Fahrzeug handelt, das seinerseits eine Vollbremsung einleitet, so wird bei im wesentlichen unveränderter Eigengeschwindigkeit des eigenen Fahrzeugs die (negative) Relativgeschwindigkeit V_r dem Betrage nach rasch zunehmen, und es läßt sich abschätzen, wann das vorausfahrende Fahrzeug in den Stand abgebremst sein wird.

Da häufige Fehlwarnungen zu vermeiden sind, wird es bei der Bestimmung der Zeitpunkte t_0 und t_1 in der Praxis zumeist nicht möglich sein, eine strikte Kollisionsvermeidungsstrategie zu verfolgen. Vielmehr werden die Zeitpunkte t_0 und t_1 so bestimmt werden, daß es auch dann, wenn zur Zeit t_1 die Notbremsung eingeleitet wird, zu einem Aufprall kommt, sofern nicht der Fahrer ein Ausweichmanöver vornimmt oder die Situation auf andere Weise bereinigt wird. Allerdings werden die Zeitpunkte t_0 und t_1 so gewählt werden, daß die Aufprallgeschwindigkeit zumindest so weit reduziert ist, daß sie unter normalen Umständen nicht zu einer Verletzung der Fahrzeuginsassen führt. In die Bestimmung der zugelassenen Aufprallgeschwindigkeit



fließen dann auch fahrzeugspezifische Daten über das Crash-Verhalten des Fahrzeugs ein, ebenso das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein passiver Sicherheitssysteme wie eines Airbags und dergleichen.

Wenn die Zeitpunkte t_0 und t_1 in dieser Weise bestimmt worden sind, so erhält zur Zeit t_0 die ABS/ESP-Steuereinheit 12 den Befehl, eine Warnbremsung einzuleiten. Im Zuge dieser Warnbremsung wird die Bremskraft stetig erhöht, und das ESP-System prüft, ob ein Schlupf an den gebremsten Rädern auftritt. Beispielsweise wird die Warnbremsung nur mit den Hinterrädern durchgeführt, so daß die Radgeschwindigkeit der Vorderräder als Referenz für die Berechnung des Schlupfes S benutzt werden kann. Der Schlupf läßt sich dann beispielsweise berechnen als $S = (V_u - V_b) / V_u$, wobei V_u die Radgeschwindigkeit der ungebremsten Räder und V_b die Radgeschwindigkeit der gebremsten Räder ist. Wenn die gebremsten Räder blockieren ($V_b = 0$) gilt also $S = 1$. Anhand des gemessenen Schlupfes S und der bekannten Bremskraft F läßt sich dann der Reibungskoeffizient der Fahrbahn bzw. das Verzögerungsvermögen des Fahrzeugs bestimmen, ausgedrückt z. B. durch einen negativen Beschleunigungswert a . Dieses Verzögerungsvermögen a wird an die Situationsbewertungseinheit 10 zurückgemeldet und dient dort dazu, den zunächst nur vorläufig berechneten Zeitpunkt t_1 zu korrigieren, um dem nun genauer bekannten Reibungskoeffizienten der Fahrbahn Rechnung zu tragen. Bei einem niedrigen Reibungskoeffizienten und entsprechend kleinerem Verzögerungsvermögen wird der Zeitpunkt t_1 vorverlegt, so daß die eigentliche Notbremsung entsprechend früher eingeleitet wird.

Diese Vorgänge sind in Figuren 2 und 3 an zwei Beispielen veranschaulicht.



In Figur 2(A) ist auf der waagerechten Achse die Zeit t und auf der senkrechten Achse die Bremskraft F aufgetragen, die auf die gebremsten Räder wirkt. Die Kurve 14 gibt den zeitlichen Verlauf der Bremskraft an. Zu dem von der Situationsbewertungseinheit 10 berechneten Zeitpunkt t_0 wird die Warnbremsung eingeleitet. Im Zuge dieser Warnbremsung wird die Bremskraft F stetig mit einer bestimmten Anstiegsrate erhöht, und der eventuelle Schlupf an den gebremsten Rädern wird gemessen. Die gestrichelte Kurve 16 in Figur 2(B) gibt den gemessenen Schlupf an. Im angenommenen Beispiel zeigt sich, daß während der Warnbremsung kein Schlupf auftritt. Das bedeutet, daß die Fahrbahn einen relativ hohen Reibungskoeffizienten hat (wie ursprünglich geschätzt). Deshalb braucht der vorläufig angenommene Wert t_1 für den Zeitpunkt der Einleitung der Notbremsung nicht verändert zu werden. Die Warnbremsung wird abgebrochen, sobald die ausgeübte Bremskraft F (oder das Bremsdrehmoment oder ein vergleichbarer Parameter) einen bestimmten Maximalwert F_{\max} erreicht.

Zum Zeitpunkt t_1 wird dann die eigentliche Notbremsung eingeleitet. Da nun bereits bekannt ist, daß die Fahrbahn verhältnismäßig griffig ist und bei Bremskräften unterhalb von F_{\max} noch kein Schlupf auftreten wird, kann die Bremskraft hier zumindest bis zum Punkt F_{\max} mit höherer Anstiegsrate vergrößert werden, so daß der Bremsvorgang entsprechend schneller eingeleitet wird. Bei der weiteren Steigerung der Bremskraft über F_{\max} hinaus kann es dann zweckmäßig sein, die Anstiegsrate etwas zu reduzieren, damit das Einsetzen des Radschlupfes rechtzeitig erkannt und ein Überschießen des Systems vermieden werden kann. Sobald dann der Radschlupf einsetzt (Kurve 16), wird die Bremskraft in bekannter Weise im Rahmen einer ABS-Regelung moduliert, und das Fahrzeug wird sicher in den Stand gebremst.

Figur 3 illustriert den gleichen Vorgang bei glatter Fahrbahn. Zum berechneten Zeitpunkt t_0 wird die Warnbremsung eingeleitet. Wegen des kleineren Reibungskoeffizienten der Fahrbahn setzt nun jedoch bereits bei einer kleineren Bremskraft F_s ein Radschlupf ein, wie die Kurve 16 in Figur 3(B) zeigt. Die Warnbremsung wird mit weiter zunehmender Bremskraft fortgesetzt, bis der Schlupf S einen bestimmten Grenzwert (≤ 1) erreicht, z.B., bis das gebremste Rad blockiert. Erst

dann wird die Warnbremsung abgebrochen. Auf diese Weise läßt sich anhand des dynamischen Verhaltens des gebremsten Rades präzise der Reibungskoeffizient der Fahrbahn bestimmen, und das sich daraus ergebende Verzögerungsvermögen a des Fahrzeugs wird an die Situationsbewertungseinheit 10 zurückgemeldet. Diese Einheit korrigiert daraufhin den Zeitpunkt t_1 für die Einleitung der Notbremsung. In Figur 3(A) ist zu erkennen, daß die Notbremsung nun bereits zu einem früheren Zeitpunkt t_1' beginnt. Je kleiner der gemessene Reibungskoeffizient der Fahrbahn ist, desto weiter wird der Zeitpunkt t_1' vorverlegt, im Extremfall, bei sehr glatter Fahrbahn, kann er so weit vorverlegt werden, daß sich die Notbremsung ohne Unterbrechung an die Warnbremsung anschließt.

Sofern eine gewisse Verzögerungszeit zwischen der Warnbremsung t_0 und der Notbremsung bei t_1' verbleibt, wird auch hier zur Zeit t_1' die Bremskraft F mit hoher Anstiegsrate bis zu dem Wert F_s erhöht. Da dieser Wert bereits bekannt ist, kann trotz des raschen Bremsdruckaufbaus ein Überschießen des Bremsdruckes vermieden werden. Anschließend wird der Bremsdruck wieder in der üblichen Weise moduliert.

Durch die Vorverlegung des Zeitpunkts t_1' für die Einleitung der Notbremsung wird somit insgesamt die zur Verfügung stehende Bremszeit vergrößert, so daß die anfängliche Fehleinschätzung des Verzögerungsvermögens a zumindest zum Teil wieder kompensiert werden kann. Weiterhin ermöglicht es die frühzeitige Bekanntheit der Schlupfgrenze, die Einleitung des Notbremsvorgangs zu optimieren.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur automatischen Einleitung eines Notbremsvorgangs mit vorausgehender Warnbremsung bei Kraftfahrzeugen, dadurch **gekennzeichnet**, daß bei der Warnbremsung die erreichbare Fahrzeugverzögerung (a) ermittelt wird und daß der Zeitpunkt (t_1 ; t_1') der Einleitung der Notbremsung in Abhängigkeit von der ermittelten Fahrzeugverzögerung (a) variiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Warnbremsung mindestens ein Rad des Fahrzeugs bis an die Schlupfgrenze verzögert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Warnbremsung die Bremskraft (F) erhöht wird, bis mindestens ein Rad die Schlupfgrenze erreicht oder bis die Bremskraft oder eine damit korrelierende Zustandsgröße einen bestimmten Maximalwert (F_{max}) erreicht, und daß, wenn der Maximalwert erreicht wird, ohne daß ein Rad die Schlupfgrenze erreicht hat, ein hoher Schätzwert für die erreichbare Fahrzeugverzögerung (a) zugrundegelegt wird.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erreichbare Fahrzeugverzögerung (a) durch einen Parameter repräsentiert wird, der den Reibungskoeffizienten zwischen Fahrbahn und Reifen angibt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der bei der Warnbremsung ermittelte Reibungskoeffizient bei der Steuerung des Bremsdruckaufbaus bei der Einleitung der Notbremsung berücksichtigt wird.
6. Steuervorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß eine Situationsbewertungseinheit (10) dazu ausgebildet ist, anhand des gemessenen Abstands (D) eines Hindernisses und der gemessenen Relativgeschwindigkeit (V_r) dieses Hindernisses sowie anhand eines vorläufigen Wertes für die

Fahrzeugverzögerung (a) einen Zeitpunkt (t_0) für die Einleitung einer Warnbremsung und einen späteren, vorläufigen Zeitpunkt (t_1) für die Einleitung einer Notbremsung zu bestimmen, daß eine ABS/ESP-Steuereinheit (12), die dazu ausgebildet ist, den Bremsdruck in Abhängigkeit vom Schlupfzustand der gebremsten Räder zu modulieren und dabei den Reibungskoeffizienten der Fahrbahn zu berechnen, den Reibungskoeffizienten bei der Warnbremsung ermittelt und an die Situationsbewertungseinheit (10) meldet und daß die Situationsbewertungseinheit (10) anhand der Fahrzeugverzögerung (a), die durch den ermittelten Reibungskoeffizienten gegeben ist, den vorläufig angenommenen Zeitpunkt (t_1) für die Einleitung der Notbremsung korrigiert.

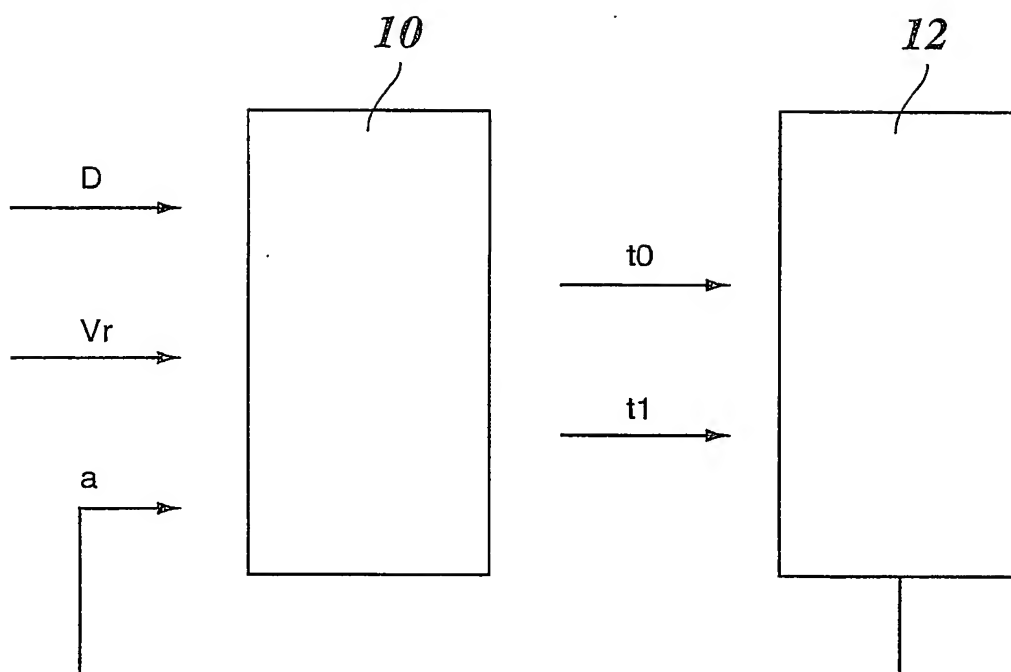
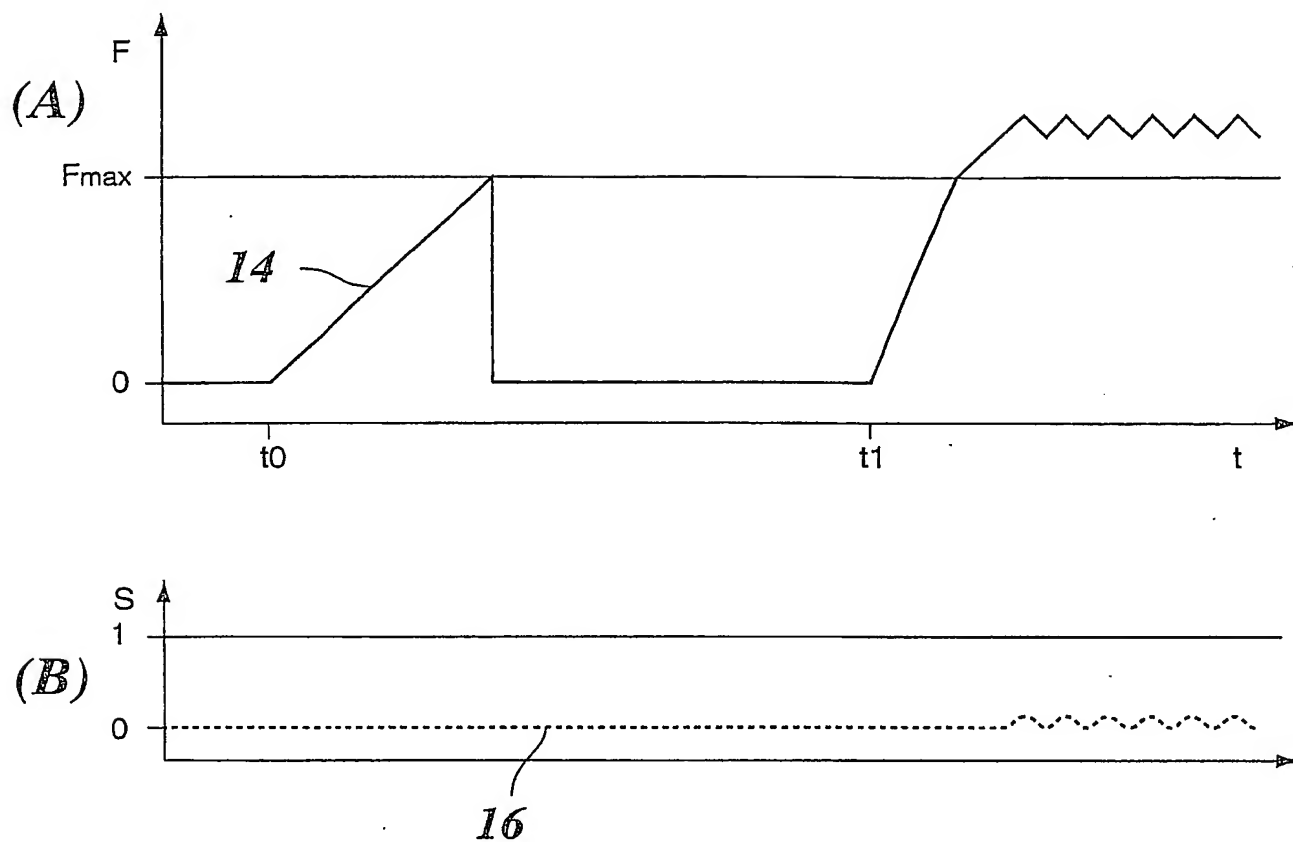
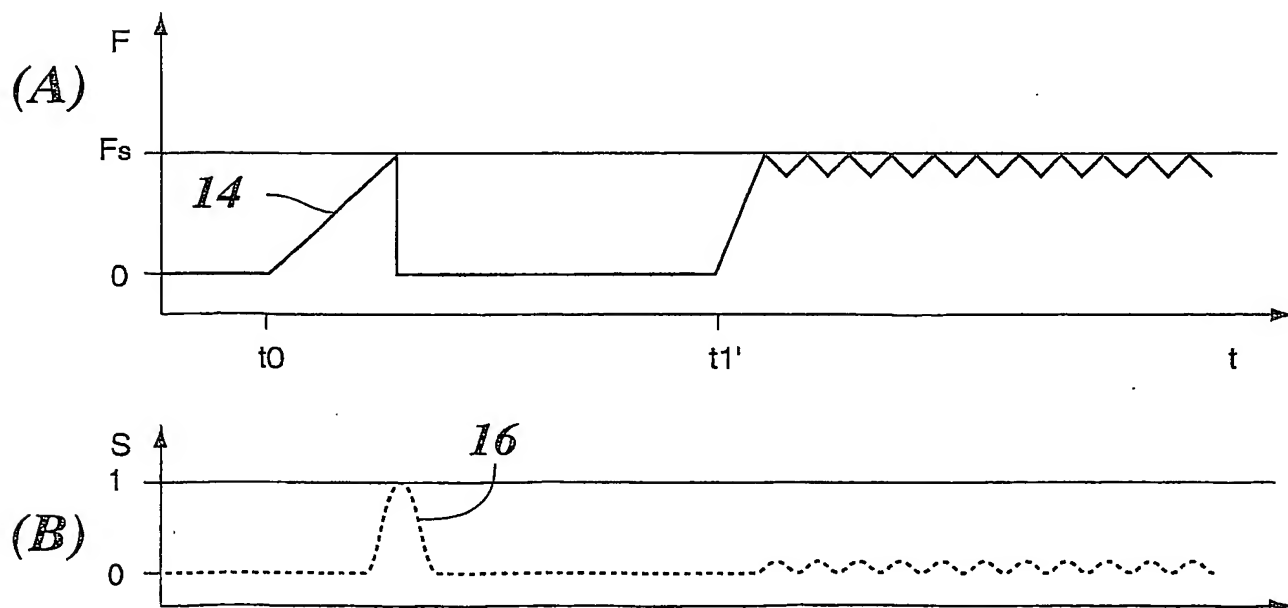
Fig. 1

Fig. 2*Fig. 3*

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/DE 03/02588

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 B60T7/22 B60T7/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 B60T B60K G08G G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 238 021 B1 (SUGIMOTO YOICHI) 29 May 2001 (2001-05-29) column 8, line 10 -column 8, line 49; figure 7	1-6
X	EP 0 519 287 A (HONDA MOTOR CO LTD) 23 December 1992 (1992-12-23) column 1, line 46 -column 2, line 34 column 19, line 47 -column 20, line 37; figure 7	1-4, 6
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 04, 31 May 1995 (1995-05-31) & JP 07 017346 A (TOYOTA MOTOR CORP), 20 January 1995 (1995-01-20) abstract	1, 2, 4, 6
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 November 2003

Date of mailing of the international search report

16/12/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Marx, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter Application No

PCT/DE 03/02588

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 197 38 611 A (VOLKSWAGENWERK AG) 21 January 1999 (1999-01-21) column 3, line 8 -column 4, line 50 ----	1,6
Y	US 6 017 102 A (AGA MASAMI) 25 January 2000 (2000-01-25) column 3, line 26 -column 5, line 26 column 8, line 16 -column 8, line 64 ----	1,6
A	DE 197 48 898 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 20 May 1998 (1998-05-20) column 3, line 30 -column 4, line 64 ----	1-6
A	US 4 048 613 A (OZEKI OSAMU ET AL) 13 September 1977 (1977-09-13) column 4, line 9 -column 4, line 20 ----	1-6
A	DE 198 06 687 A (DAIMLER CHRYSLER AG) 26 August 1999 (1999-08-26) column 3, line 12 -column 4, line 23 -----	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/02588

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6238021	B1	29-05-2001	JP 11348747 A DE 19926744 A1	21-12-1999 23-12-1999
EP 0519287	A	23-12-1992	JP 2858174 B2 JP 4362453 A JP 3205570 B2 JP 4362454 A DE 69204371 D1 DE 69204371 T2 EP 0519287 A1 US 5286099 A	17-02-1999 15-12-1992 04-09-2001 15-12-1992 05-10-1995 22-02-1996 23-12-1992 15-02-1994
JP 07017346	A	20-01-1995	NONE	
DE 19738611	A	21-01-1999	DE 19738611 A1 EP 0891903 A2 US 6084508 A	21-01-1999 20-01-1999 04-07-2000
US 6017102	A	25-01-2000	JP 10147222 A DE 19750913 A1	02-06-1998 28-05-1998
DE 19748898	A	20-05-1998	JP 10129438 A DE 19748898 A1	19-05-1998 20-05-1998
US 4048613	A	13-09-1977	JP 928223 C JP 51031422 A JP 53004977 B	13-10-1978 17-03-1976 22-02-1978
DE 19806687	A	26-08-1999	DE 19806687 A1 DE 59901400 D1 WO 9942973 A1 EP 1057159 A1 ES 2178392 T3 JP 2002504452 T US 6624747 B1	26-08-1999 13-06-2002 26-08-1999 06-12-2000 16-12-2002 12-02-2002 23-09-2003

PC/DE 03/02588

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 238 021 B1 (SUGIMOTO YOICHI) 29. Mai 2001 (2001-05-29) Spalte 8, Zeile 10 -Spalte 8, Zeile 49; Abbildung 7 ---	1-6
X	EP 0 519 287 A (HONDA MOTOR CO LTD) 23. Dezember 1992 (1992-12-23) Spalte 1, Zeile 46 -Spalte 2, Zeile 34 Spalte 19, Zeile 47 -Spalte 20, Zeile 37; Abbildung 7 ---	1-4,6
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 04, 31. Mai 1995 (1995-05-31) & JP 07 017346 A (TOYOTA MOTOR CORP), 20. Januar 1995 (1995-01-20) Zusammenfassung ---	1,2,4,6

	-/--	

Y Siehe Anhang Patentfamilie

'&' Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

16/12/2003

Marx, W

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

 Intern. Bericht Aktenzeichen
 PCT/DE 03/02588

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 197 38 611 A (VOLKSWAGENWERK AG) 21. Januar 1999 (1999-01-21) Spalte 3, Zeile 8 -Spalte 4, Zeile 50 ----	1,6
Y	US 6 017 102 A (AGA MASAMI) 25. Januar 2000 (2000-01-25) Spalte 3, Zeile 26 -Spalte 5, Zeile 26 Spalte 8, Zeile 16 -Spalte 8, Zeile 64 ----	1,6
A	DE 197 48 898 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 20. Mai 1998 (1998-05-20) Spalte 3, Zeile 30 -Spalte 4, Zeile 64 ----	1-6
A	US 4 048 613 A (OZEKI OSAMU ET AL) 13. September 1977 (1977-09-13) Spalte 4, Zeile 9 -Spalte 4, Zeile 20 ----	1-6
A	DE 198 06 687 A (DAIMLER CHRYSLER AG) 26. August 1999 (1999-08-26) Spalte 3, Zeile 12 -Spalte 4, Zeile 23 -----	1-6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung und zur selben Patentfamilie gehören

Internationale Aktenzeichen
PCT/DE 03/02588

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6238021	B1	29-05-2001	JP	11348747 A		21-12-1999
			DE	19926744 A1		23-12-1999
EP 0519287	A	23-12-1992	JP	2858174 B2		17-02-1999
			JP	4362453 A		15-12-1992
			JP	3205570 B2		04-09-2001
			JP	4362454 A		15-12-1992
			DE	69204371 D1		05-10-1995
			DE	69204371 T2		22-02-1996
			EP	0519287 A1		23-12-1992
			US	5286099 A		15-02-1994
JP 07017346	A	20-01-1995	KEINE			
DE 19738611	A	21-01-1999	DE	19738611 A1		21-01-1999
			EP	0891903 A2		20-01-1999
			US	6084508 A		04-07-2000
US 6017102	A	25-01-2000	JP	10147222 A		02-06-1998
			DE	19750913 A1		28-05-1998
DE 19748898	A	20-05-1998	JP	10129438 A		19-05-1998
			DE	19748898 A1		20-05-1998
US 4048613	A	13-09-1977	JP	928223 C		13-10-1978
			JP	51031422 A		17-03-1976
			JP	53004977 B		22-02-1978
DE 19806687	A	26-08-1999	DE	19806687 A1		26-08-1999
			DE	59901400 D1		13-06-2002
			WO	9942973 A1		26-08-1999
			EP	1057159 A1		06-12-2000
			ES	2178392 T3		16-12-2002
			JP	2002504452 T		12-02-2002
			US	6624747 B1		23-09-2003